

FULLERENE AND ITS PRODUCTION

Publication number: JP9309713

Publication date: 1997-12-02

Inventor: KIYO HEISHIYA; TANAKA SHUNICHIRO

Applicant: JAPAN RES DEV CORP; TANAKA SHUNICHIRO

Classification:

- international: C01B31/02; B01J19/12; C01B31/00; B01J19/12; (IPC1-7): C01B31/02; B01J19/12

- european:

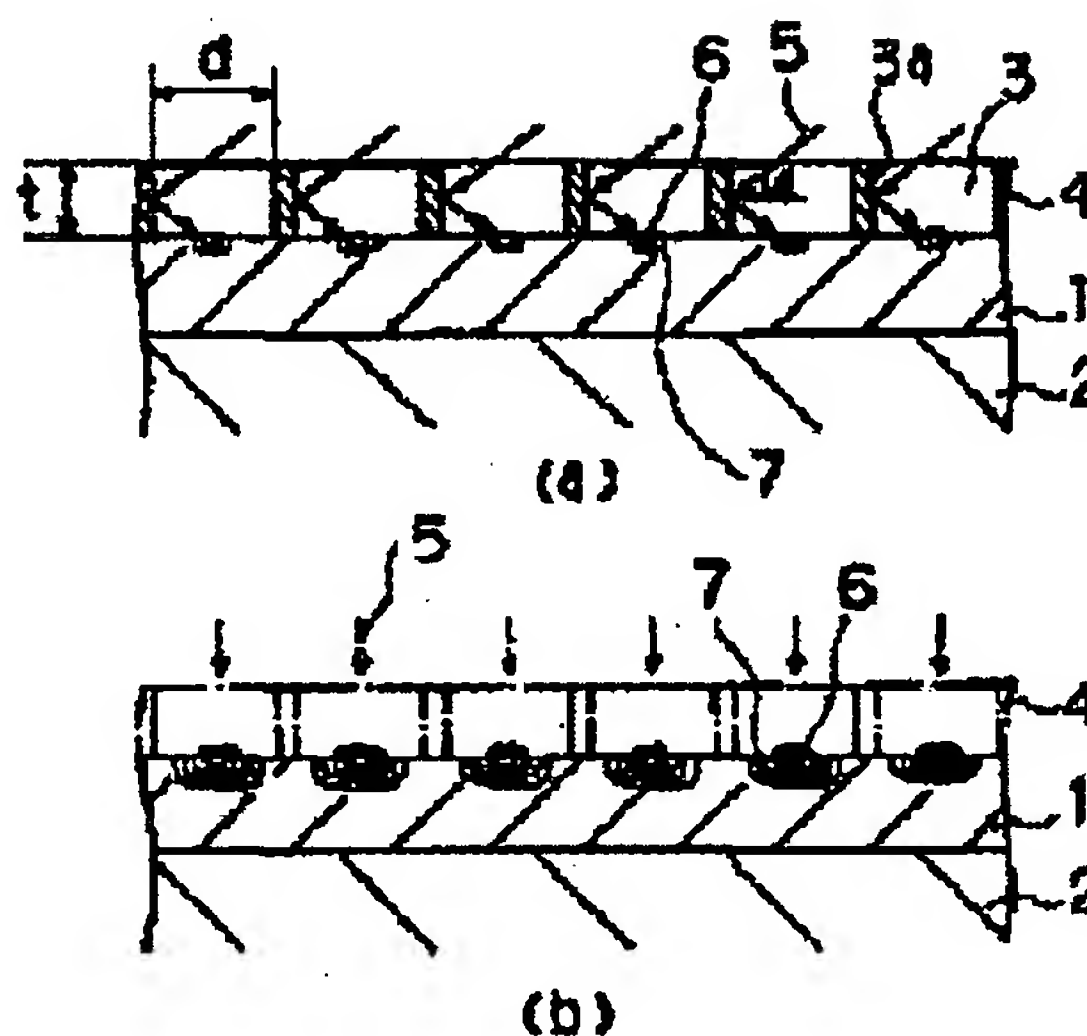
Application number: JP19960126643 19960522

Priority number(s): JP19960126643 19960522

Report a data error here

Abstract of JP9309713

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the preparation of a giant fullerene under controlled conditions and further the control over the shape or formed position, etc., of the giant fullerene. **SOLUTION:** This fullerene is the one formed in the surface layer part of an amorphous carbon 1. Furthermore, the fullerene, e.g. a giant fullerene 7 is formed from a constituent atom or a constituent molecule of a target material 4, separated and sticking to the amorphous carbon 1 by the oblique irradiation of the target material 4, arranged on the amorphous carbon 1 and having pores 3 with high-energy beams 5 as a nucleating point at a position corresponding to each pore 3 of a target material 4. The giant fullerene 7 can be changed into a filmy structure by mutually connecting plural grains of the giant fullerene 7.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP) (12) 公 開 特 許 公 報 (A) (11)特許出願公開番号
特開平9-309713
(43)公開日 平成9年(1997)12月2日

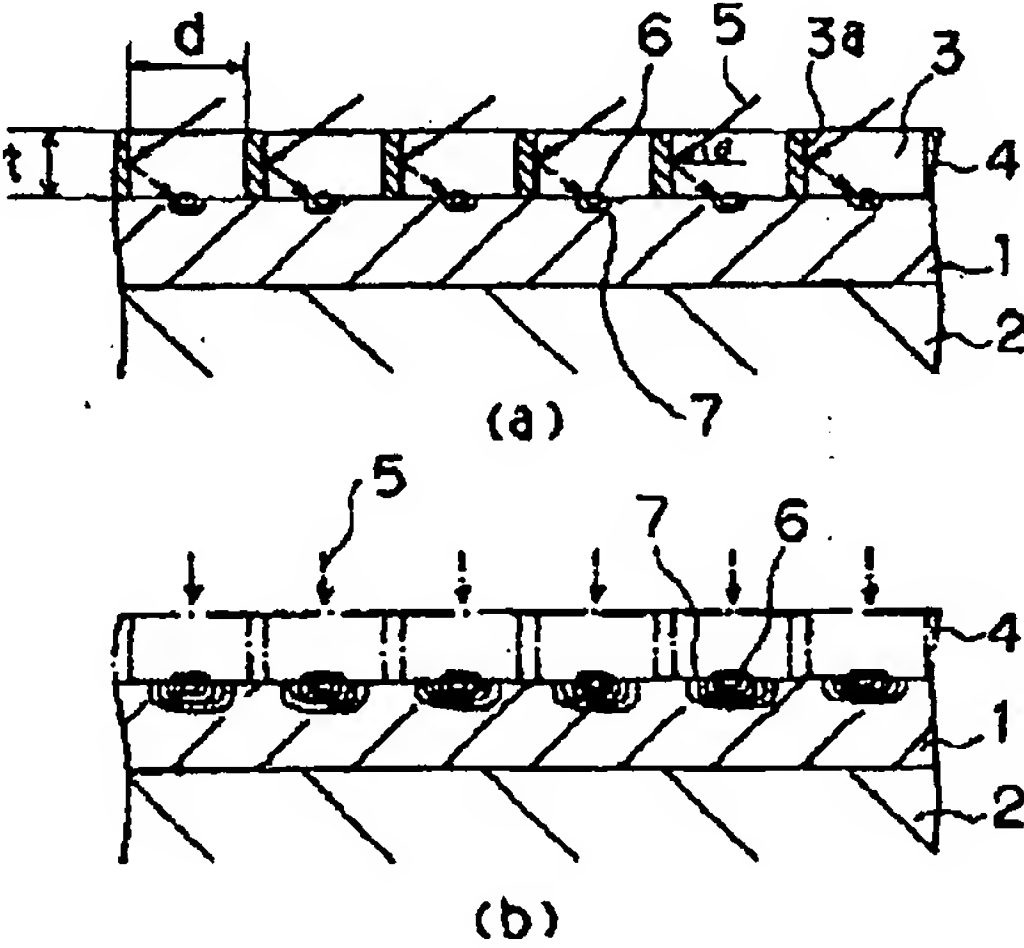
(51)Int.Cl. [*]	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 0 1 B 31/02	1 0 1		C 0 1 B 31/02	1 0 1 Z
B 0 1 J 19/12			B 0 1 J 19/12	B C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平8-126643	(71)出願人	390014535 新技術事業団 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(22)出願日	平成8年(1996)5月22日	(71)出願人	594053785 田中 俊一郎 神奈川県横浜市瀬谷区本郷1-35-12
		(72)発明者	許 並社 神奈川県横浜市金沢区築町32-8-102
		(72)発明者	田中 俊一郎 神奈川県横浜市瀬谷区本郷1-35-12
		(74)代理人	弁護士 須山 佐一

(54)【発明の名称】 フラーレンおよびその製造方法

(57)【要約】
【課題】 巨大フラーレンを制御された条件下で作製することを可能にする。さらには、巨大フラーレンの形状や形成位置等の形成状態の制御を可能にする。
【解決手段】 非晶質炭素1の表層部に形成されたフラーレンであって、非晶質炭素1上に配置された細孔3を有するターゲット材4への高エネルギービーム5の斜め照射により離脱して非晶質炭素1に付着したターゲット材4の構成原子または構成分子を核生成点として、ターゲット材4の細孔3に対応した位置に形成されているフラーレン、例えば巨大フラーレン7である。この巨大フラーレン7は、複数の巨大フラーレンを相互に連結して膜状構造とすることもできる。



(2)

特開平9-309713

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 非晶質炭素の表層部に形成されたフラーレンであって、前記非晶質炭素上に配置された細孔を有するターゲット材への高エネルギービームの斜め照射により離脱して前記非晶質炭素に付着した前記ターゲット材の構成原子または構成分子を核生成点として、前記ターゲット材の細孔に対応した位置に形成されていることを特徴とするフラーレン。

【請求項2】 請求項1記載のフラーレンにおいて、前記フラーレンは、前記非晶質炭素の表層部に分離した状態で複数存在することを特徴とするフラーレン。

【請求項3】 請求項1記載のフラーレンにおいて、前記フラーレンは、巨大フラーレンであることを特徴とするフラーレン。

【請求項4】 非晶質炭素の表層部に形成されたフラーレンであって、隣接する複数の前記フラーレンが相互に連結して膜状構造を形成していることを特徴とするフラーレン。

【請求項5】 請求項4記載のフラーレンにおいて、前記フラーレンは、巨大フラーレンであることを特徴とするフラーレン。

【請求項6】 非晶質炭素上に細孔を有するターゲット材を配置して、真空雰囲気中にて前記ターゲット材の細孔内壁に高エネルギービームを斜め方向から照射し、この高エネルギービームの照射により前記ターゲット材の構成原子または構成分子を前記非晶質炭素表面に衝突させ、この衝突点を核生成点として前記非晶質炭素の表層部にフラーレンを前記ターゲット材の細孔位置に対応させて形成することを特徴とするフラーレンの製造方法。

【請求項7】 請求項6記載のフラーレンの製造方法において、前記フラーレンとして、巨大フラーレンを形成することを特徴とするフラーレンの製造方法。

【請求項8】 請求項6記載のフラーレンの製造方法において、前記フラーレンを形成した後に、さらに同一または異なる高エネルギービームを前記非晶質炭素に照射し、前記フラーレンを成長させることを特徴とするフラーレンの製造方法。

【請求項9】 請求項6記載のフラーレンの製造方法において、前記ターゲット材の複数の細孔内壁に、前記高エネルギービームを同時に斜め方向から照射することにより、前記非晶質炭素の表層部に複数の前記フラーレンを形成することを特徴とするフラーレンの製造方法。

【請求項10】 請求項9記載のフラーレンの製造方法において、前記複数のフラーレンを形成した後に、さらに同一または異なる高エネルギービームを前記非晶質炭素に照射し、前記複数のフラーレンを相互に連結させて膜状構造

2

を形成することを特徴とするフラーレンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、新規な製法によるフラーレンおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】C₆₀に代表されるフラーレンは、分子間力によって結合しており、高い対称性を持ったサッカーボール型の分子である。分子中の全てのカーボン原子は等価であって、互いに共有結合しており、非常に安定な結晶体である。C₆₀等のフラーレンは、結晶構造的にはfcc構造をとると見なすことができ、塑性変形能や加工硬化性等の金属的な力学特性を示すことから、新しい炭素系材料として各種用途への応用が期待されている。また、フラーレン自体の特性に基づいて、超伝導材料、触媒、非線形光学材料等への応用も研究されている。

【0003】従来、C₆₀等のフラーレンは、炭素棒や粒状炭素を電極としたアーク放電法や紫外レーザをグラファイト表面に照射するレーザアブレーション法等によって作製されている。フラーレンはスズ中に混在した状態で生成されるため、フィルタやベンゼン等を用いた捕集装置により抽出している。

【0004】上述したアーク放電時に陰極側に堆積した物質中には、カーボンナノカプセルやカーボンナノチューブと呼ばれる高次フラーレン（巨大フラーレン）が含まれており、陰極側の堆積物を粉砕した後にエタノール等の有機溶媒を用いて精製することにより、上述したカーボンナノカプセルやカーボンナノチューブが得られている。カーボンナノカプセルやカーボンナノチューブは、いずれも中空形状を有すると共に、例えば潤滑性や耐候性等に優れることから、それらの中空部内に他の金属原子や微細結晶等を閉じ込めることによって、新物質の合成や新機能の探索等が行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の巨大フラーレンは、上述したようにアーク放電法によりC₆₀等を作製する際に陰極側に副次的に生成される堆積物中に含まれるものであるため、黒鉛状物質やアモルファスカーボン等の不純物との分離自体が困難であるという難点を有している。また、上記したような製造方法に由来して、巨大フラーレンの形状や物性等の制御、さらには上述した他の金属原子等との合成（内包）制御等を容易に行うことはできないという。

【0006】特に、巨大フラーレンの新機能材料等への応用展開を考えた場合、巨大フラーレンの大きさや形成位置等の個々の形成状態、さらには複数の巨大フラーレンの合成制御等を可能にすることが重要と考えられるが、従来の製造方法ではそのような制御を到底容易に行うことはできない。

【0007】また、巨大フラーレンの一種として、C₆₀

(3)

特開平9-309713

3

等からなるコアの外殻にさらに大きな分子量を持つフラーレンが同心円状に重なりあった、たまねぎ状グラファイトと呼ばれる物質も発見されているが、現状では存在が確認された程度であって、その形状や物性等の制御は十分には行われておらず、さらにはその再現性のある製造方法についても十分には確認されていない。

【0008】このように、フラーレンに関する研究は各所で行われているものの、フラーレンの形状や形成位置等の形成状態の制御や製造方法等を十分に開発するまでには至っていない。特に、たまねぎ状グラファイト等の巨大フラーレンに関しては、現状では製造法の開発自体も十分とは言えず、従って形状や物性等の制御に関する研究等を十分に行えるほど、制御性の高い条件下で再現性よく巨大フラーレンを得るまでには至っていない。そこで、巨大フラーレンを制御された条件下で作製することを可能にする技術が望まれており、さらには巨大フラーレンの形状や形成位置等の形成状態の制御を可能にする技術が望まれている。

【0009】本発明は、このような課題に対処するためになされたもので、比較的簡易な工程で、かつ制御された条件下で再現性よく得ることを可能にした巨大フラーレンおよびその製造方法、さらには形状や形成位置等の形成状態の制御等を可能にした巨大フラーレンおよびその製造方法を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のフラーレンは、非晶質炭素の表層部に形成されたフラーレンであって、前記非晶質炭素上に配置された細孔を有するターゲット材への高エネルギービームの斜め照射により離脱して前記非晶質炭素に付着した前記ターゲット材の構成原子または構成分子を核生成点として、前記ターゲット材の細孔に対応した位置に形成されていることを特徴としている。

【0011】また、本発明の他のフラーレンは、非晶質炭素の表層部に形成されたフラーレンであって、隣接する複数の前記フラーレンが相互に連結して膜状構造を形成していることを特徴としている。

【0012】本発明のフラーレンの製造方法は、非晶質炭素上に細孔を有するターゲット材を配置して、真空雰囲気中にて前記ターゲット材の細孔内壁に高エネルギービームを斜め方向から照射し、この高エネルギービームの照射により前記ターゲット材の構成原子または構成分子を前記非晶質炭素表面に衝突させ、この衝突点を核生成点として前記非晶質炭素の表層部にフラーレンを前記ターゲット材の細孔位置に対応させて形成することを特徴としている。

【0013】さらに、本発明のフラーレンの製造方法は、前記フラーレンを形成した後に、さらに同一または異なる高エネルギービームを前記非晶質炭素に照射し、前記フラーレンを成長させることを特徴としている。

4

【0014】すなわち本発明は、非晶質炭素上に細孔を有するターゲット材を配置して、このターゲット材の細孔内壁に対して高エネルギービームを斜め方向から照射し、ターゲット材の構成原子または構成分子を離脱させて非晶質炭素に付着させることによって、このターゲット材の構成原子または構成分子の付着物を核生成点として巨大フラーレン等のフラーレンを再現性よく形成し得ること、およびフラーレンの形成後にさらに同一または異なる高エネルギービームを非晶質炭素に照射することによって、得られたフラーレンを成長させることが可能であることを見出したことに基いて成されたものである。

【0015】上述したように、本発明のフラーレンは制御された条件下で再現性よく得ることができると共に、ターゲット材から離脱して非晶質炭素表面に付着した構成原子または構成分子を核生成点として形成されることから、ターゲット材の細孔形状等により形成位置等を制御することができる。さらに、フラーレンの形成後に高エネルギービームを非晶質炭素に照射することによって、得られたフラーレンを成長させることが可能であることから、フラーレンの形状等を制御することができ、さらには複数のフラーレンを相互に連結させて膜状構造等を得ることができる。このように、本発明によれば巨大フラーレンの各種制御や操作等が実現可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施するための形態について説明する。

【0017】図1は、本発明の巨大フラーレンの製造過程の一実施形態を模式的に示す断面図である。同図において、1は支持部材2上に配置された非晶質炭素膜であり、この非晶質炭素膜としては例えばi-カーボン等が用いられる。このような非晶質炭素膜1上に、図1(a)に示すように、複数の細孔3を有するターゲット材4を配置し、細孔3の内壁3aに対して高エネルギービーム5を上方斜め方向から照射する。

【0018】ターゲット材4には、Pt、Au、Cu、Al等の各種単体金属や合金、Si等の半導体、金属酸化物、金属塩化物、金属フッ化物、金属ホウ化物等の化合物等、種々の固体材料を用いることができるが、ターゲット材4の高エネルギービーム5に対する耐衝撃性、言い換えるとターゲット材4の結晶の結合エネルギーによりほぼ決定される、ターゲット材4からの構成原子または構成分子の離脱性を考慮して、各種条件を設定するものとする。このようなターゲット材4としてはいわゆるメッシュ材を用いたり、また目的材料からなるフィルム等にエッチング等の化学的方法や電気化学的方法で細孔3を形成したり、あるいはレーザービーム等で細孔3を形成したものを使用することができる。

【0019】ここで、ターゲット材4の細孔3は、フラーレンの形成位置を提供すると共に、その内壁3aが核

(4)

特開平9-309713

5

生成物質の形成材料、すなわちターゲット材4の構成原子や構成分子の供給面となる。従って、細孔3の形状や配置、さらにはターゲット材4の厚さ等は、得ようとするフラーレンの形状や配置、高エネルギービーム5の入射角 θ 等を考慮して設定するものとする。

【0020】具体的には、細孔3の直径は $0.1 \sim 1 \times 10^4 \mu\text{m}$ 程度、ターゲット材4の厚さは $0.2 \sim 1 \times 10^4 \mu\text{m}$ 程度とすることが好ましい。細孔3の直径があまり小さかったり、またターゲット材4があまり薄いと、高エネルギービーム5の入射角 θ が制限を受けてフラーレンの形成が困難となり、また細孔3の直径があまり大きすぎたり、またターゲット材4があまり厚くても、フラーレンの形成が困難となる。

【0021】また、細孔3の直径 d とターゲット材4の厚さ t は、高エネルギービーム5の入射角 θ に影響を及ぼし、この高エネルギービーム5の入射角 θ は $20 \sim 45^\circ$ の範囲となるように設定することが好ましいことから、細孔3の直径 d およびターゲット材4の厚さ t は、 $\tan^{-1}(t/d)$ が $20 \sim 45^\circ$ の範囲となるように設定することがより好ましい。さらに好ましい $\tan^{-1}(t/d)$ は $30 \sim 45^\circ$ の範囲となるように設定することである。

【0022】上述したようなターゲット材4の細孔内壁3aに対して高エネルギービーム5を上方斜め方向から照射すると、図1(a)に示したように、ターゲット材4の構成原子または構成分子が離脱(図中、点線矢印で示す)して、これらが非晶質炭素膜1に衝突および付着(付着物6)する。このターゲット材4の構成原子や構成分子の衝突点を核生成点として、言い換えると付着物6を核生成物質として巨大フラーレン7が誘起される。この巨大フラーレン7は、上記したターゲット材4の構成原子や構成分子の衝突点が核生成点として有効に作用すると共に、照射した高エネルギービーム5が非晶質炭素膜1の活性化効果や局所加熱効果等をもたらすことによって誘起されるものである。このようにして誘起される巨大フラーレン7としては、たまねぎ状グラファイトが挙げられる。

【0023】ここで、照射する高エネルギービーム5は、特に限定されるものではなく、ターゲット材4から構成原子や構成分子を離脱させ得るエネルギーを有していればよい。例えば、加速電圧 $2 \sim 5\text{KV}$ 、ビーム電流 $0.1 \sim 1\text{mA}$ 程度のアルゴンイオンビームのようなイオンビーム、このイオンビームと同等の衝撃をターゲット材4に与えることができる電子線、レーザービーム、X線、 γ 線、中性子線等が挙げられる。

【0024】高エネルギービーム5としてイオンビームを用いる場合、加速電圧やビーム電流が小さすぎると、ターゲット材4から構成原子や構成分子を効率よく離脱させることができず、一方加速電圧やビーム電流が大きすぎると、ターゲット材4の損傷のみが増大して構成原

6

子や構成分子の離脱状態を制御することが困難となり、いずれにおいても核生成点を有効に形成することができないおそれが強い。高エネルギービーム5として電子線、レーザービーム、X線、 γ 線、中性子線等を用いる場合についても同様である。なお、高エネルギービーム5の照射雰囲気は、使用ビームに応じて設定すればよく、例えば真空雰囲気、アルゴン雰囲気のような不活性雰囲気等が挙げられ、また場合によっては酸素含有雰囲気や窒素雰囲気等を用いることもできる。

10 【0025】そして、高エネルギービーム5の照射を一定時間行うことによって、図1(b)に示すように、非晶質炭素膜1の表層部に目的とする巨大フラーレン7を形成することができる。なお、図1(b)では、ターゲット材4の細孔3に対応した非晶質炭素膜1の位置にそれぞれ1つの巨大フラーレン7が形成されている状態を図示したが、細孔3に対応した各位置に形成される核生成物質(付着物)6の数は、細孔3の直径や高エネルギービーム5の照射条件等により制御することができ、単体として分離された複数の付着物6を核生成点として形成することもできる。この場合には、細孔3に対応した各位置に複数の巨大フラーレン7を形成することができ

20 【0026】上記した工程は、非晶質炭素膜1の表層部に誘起(形成)した巨大フラーレン7の成長工程と見なすこともでき、照射した高エネルギービーム5が巨大フラーレン7の周囲の非晶質炭素膜1を活性化することによって、巨大フラーレン7が成長する。この巨大フラーレン7の成長工程(もしくは目的形状への形成工程)は、ターゲット材4の細孔内壁3aへの高エネルギービーム5の斜め照射を継続して行うことで実施してもよいし、あるいはターゲット材4を取り除いた後に高エネルギービーム5を照射することによっても実施可能である。この場合の高エネルギービーム5は、斜め照射時と同一のものであってもよいし、また異なる高エネルギービームを用いてもよい。高エネルギービーム5の照射時間は、高エネルギービーム5の強度や目的とする巨大フラーレン7の大きさ等に応じて適宜設定するものとする。

30 【0027】なお、上記した高エネルギービーム照射時の非晶質炭素膜1は、室温に保持した状態でよく、制御が可能な室温ステージ上で巨大フラーレン7を形成することができる。また、上記した高エネルギービーム5を照射する際に、非晶質炭素膜1を回転させてもよく、これにより効率よく核生成物質6を形成することができ

40 【0028】このようにして得られる巨大フラーレン7は、非晶質炭素膜1の表層部における位置がターゲット材4の細孔3に対応するため、その形成位置を制御することができる。また、高エネルギービーム5の強度や照射時間、非晶質炭素膜1の回転の有無および回転速度、ターゲット材4の高エネルギービーム5に対する耐衝撃

(5)

特開平9-309713

7

性、ターゲット材4の厚さ、細孔3の直径等によって、得られる巨大フラーレン7の数や状態を制御することができる。

【0029】そして、複数の細孔3を有するターゲット材4を用いることによって、形成位置を制御した複数の巨大フラーレン7を選択的にかつそれぞれ分離した状態で形成することができる。従って、このような巨大フラーレン7を用いることによって、巨大フラーレン7の物性掌握、各種操作や制御、各種の応用展開等を実現することが可能となる。本発明による巨大フラーレン7は、

【0030】上述した実施形態では、非晶質炭素膜1の表層部に分離した状態で複数の巨大フラーレン7を形成した場合について述べたが、本発明の製造方法では複数の巨大フラーレンを相互に連結させて膜状構造とすることも可能である。

【0031】すなわち、図1(b)に示したように、非晶質炭素膜1の表層部に分離した状態で複数形成した巨大フラーレン7に対して、さらに高エネルギービーム5例えば強度が $1 \times 10^4 \text{ e/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 以上の電子線を照射する。なお、この際に電子線に限らず、他の高エネルギービーム5を照射してもよい。

【0032】上記した高エネルギービーム5の照射によって、巨大フラーレン7の周囲の非晶質炭素膜1が活性化して巨大フラーレン7が成長し続け、隣接する巨大フラーレン7同士が連結、言い換えると融合する。すなわち、隣接する複数の巨大フラーレン7の外殻側の炭素原子が共通化された巨大フラーレンの融合体得られる。このような高エネルギービーム5の照射を一定時間以上行うことによって、図2に示すように、非晶質炭素膜1の表層部に巨大フラーレンが相互に連結した膜状構造体、すなわち膜状巨大フラーレン8が得られる。図2において、符号6は巨大フラーレン7の形成時に核生成点（核生成物質）として利用した付着物、言い換えるとターゲット材4の構成原子や構成分子からなる超微粒子である。なお、高エネルギービーム5の照射時間は、高エネルギービーム5の強度や当初の巨大フラーレン7の大きさ等に応じて適宜設定するものとする。

【0033】このような膜状巨大フラーレン（巨大フラーレンの膜状構造体）8は、巨大フラーレンの性質を利用して応用展開を図る上で有効に利用し得るものである。また、高エネルギービーム5の照射条件等を制御することによって、上記したターゲット材4の構成原子や構成分子からなる超微粒子6を内包するように、巨大フラーレン7を成長させることもできる。従って、この場合には超微粒子内包巨大フラーレンの膜状構造体を得ることができる。また、当初の核生成点を形成するターゲット材4には、前述したように各種固体材料が使用でき

8

ることから、各種材料からなる超微粒子6を内包させた膜状巨大フラーレンを得ることができる。

【0034】

【実施例】次に、本発明の具体的な実施例について述べる。

【0035】実施例

まず、図1に示した巨大フラーレンの製造工程において、非晶質炭素膜1としてi-カーボンからなる非晶質カーボン膜を用い、この非晶質カーボン膜上にターゲット材4として、直径 $200 \mu\text{m}$ の細孔3を多数有するCuメッシュ（厚さ： $400 \mu\text{m}$ ）を配置した。これらを真空室内の室温ステージ上にセットした。

【0036】次に、非晶質カーボン膜をCuメッシュと共に 2 rpm で回転させながら、Cuメッシュの細孔内壁に加速電圧 3.0 kV 、ビーム電流 0.25 nA のArイオンビームを斜め方向から 300 秒間照射した。Arイオンビームの入射角 θ は 40° とした。また、Arイオンビーム照射時の雰囲気は $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 程度の真空（Arを含む）とした。

【0037】上記したArイオンビームの斜め照射によって、Cuメッシュの細孔内壁からCu原子が離脱して非晶質カーボン膜に衝突する。このことは、Arイオンビームの照射後に非晶質カーボン膜のCuメッシュの細孔に対応した位置に、平均直径 3 nm のCu超微粒子がそれぞれ形成されていることから確認された。

【0038】Arイオンビームの照射後に、非晶質カーボン膜の状態をTEM観察したところ、Arイオンビームの照射により形成されたCu超微粒子の下部に相当する非晶質カーボン膜の表層部に、それぞれ同心円状のカーボン組織が誘起していた。この同心円状のカーボン組織は層間隔が約 0.35 nm であることから、巨大フラーレンの一種であるたまねぎ状グラファイトであることが確認された。すなわちたまねぎ状グラファイトは、非晶質カーボン膜の表層部に複数形成されていることが確認された。この段階のたまねぎ状グラファイトの平均直径は約 20 nm であった。なお、たまねぎ状グラファイトの周囲は非晶質カーボンの状態を維持していた。このように、CuメッシュにArイオンビームを斜め方向から照射することによって、CuメッシュからCu原子が離脱して非晶質カーボン膜に衝突するため、この衝突点を核生成点として非晶質カーボン膜の表層部にたまねぎ状グラファイトのような巨大フラーレンを形成することができる。従って、分離した状態で存在する多数のたまねぎ状グラファイトを、形成位置等を制御した上で容易に得ることができる。

【0039】次に、上述した非晶質カーボン膜の表層部に分離した状態で存在する多数のたまねぎ状グラファイトに対して、さらに $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ の真空雰囲気中で $1 \times 10^4 \text{ e/cm}^2 \cdot \text{sec}$ の電子線を 100 秒間照射した。この電子線の照射後に、非晶質カーボン膜の状態をTEM観察し

(6)

特開平9-309713

10

9

たところ、隣接するたまねぎ状グラファイト同士が連結して、図2に示したような膜状巨大フラーレンが形成されていることが確認された。この膜状巨大フラーレンの厚さは約20nmであった。このように、分離した状態で多数形成した巨大フラーレンにさらに電子線を照射することによって、膜状巨大フラーレンを得ることができる。

【0040】一方、本発明との比較例として、Cu等の金属超微粒子を配置していないi-カーボンからなる非晶質カーボン膜に、上記実施例と同一条件で電子線を照射したところ、巨大フラーレンは生成しなかった。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、形状や形成位置等の形成状態を制御したフラーレンを、制御された条件下で再現性よく得ることができ、さらには膜状フラーレン等を形成することもできる。従って、このような本発明のフラーレンは、その応用展開等に大*

*きく寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

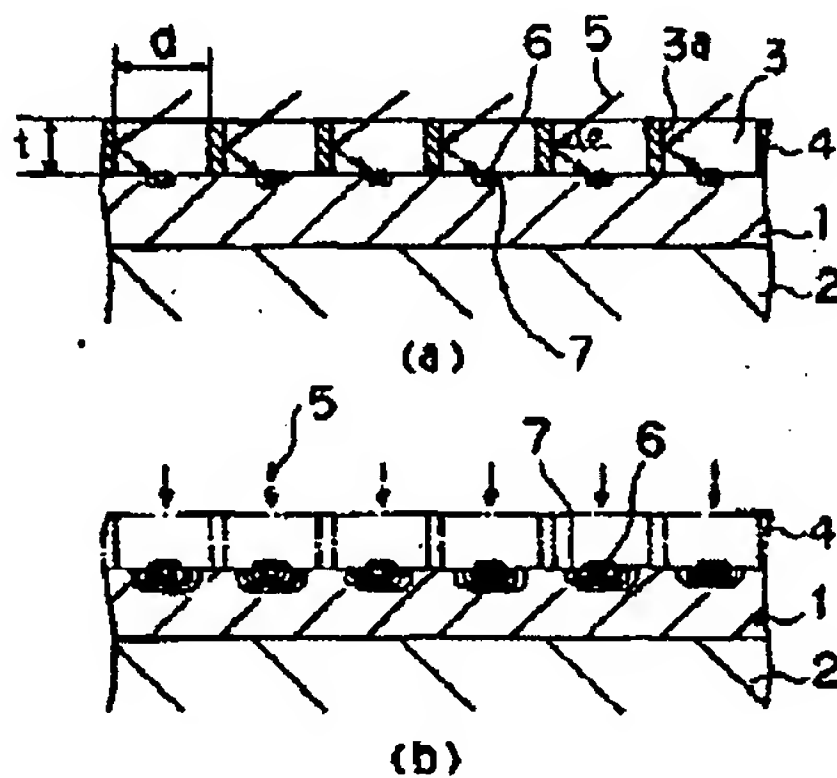
【図1】 本発明のフラーレンの製造過程の一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図2】 本発明のフラーレンの他の形態を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

- 1……非晶質炭素膜
- 3……細孔
- 3a……細孔内壁
- 4……ターゲット材
- 5……高エネルギービーム
- 6……ターゲット材の構成分子または構成分子からなる超微粒子
- 7……巨大フラーレン
- 8……膜状巨大フラーレン

【図1】



【図2】

